

PERHITUNGAN BEBAN PENDINGINAN RUANG PERPUSTAKAAN POLITEKNIK NEGERI INDRAMAYU BERBASIS METODE CLTD SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN KENYAMANAN LINGKUNGAN KERJA

Rahajeng Kurnianingtyas^{1*}, Firda Julianita Pradina Putri², Bagus Dharmawan Hadi³
^{1,2,3} Politeknik Negeri Indramayu, Indramayu, Jawa Barat
*rahajengkurnianingtyas@polindra.ac.id

Abstrak: Sistem pengatur udara dirancang untuk mengatur suhu dan kelembaban dalam ruangan, sehingga mencapai kenyamanan termal sesuai dengan kebutuhan penghuni. Kenyamanan ini diupayakan sesuai dengan standar yang ada agar pengguna fasilitas dapat merasa nyaman. Dalam penulisan ini, perhitungan beban pendinginan disesuaikan dengan kondisi lapangan dan terdiri dari dua parameter utama: beban pendinginan internal dan eksternal. Selain itu, analisis juga mempertimbangkan variabel kontrol yang mempengaruhi beban pendinginan, dengan nilai-nilai variabel tersebut ditentukan berdasarkan spesifikasi bangunan dan merujuk pada standar ASHRAE. Beban pendinginan internal mencakup kontribusi dari pengguna, peralatan, dan pencahayaan di dalam ruangan, sedangkan external heat gain berasal dari sumber panas luar. Total beban pendinginan merupakan jumlah dari beban internal dan eksternal. Berdasarkan metode Cooling Load Temperature Difference (CLTD), total beban pendinginan ruang perpustakaan Politeknik Negeri Indramayu mencapai 37.137,15 Watt, ditambah dengan faktor keamanan 5%, sehingga totalnya menjadi 38.994 Watt.

Kata Kunci: CLTD, Pendinginan, Beban, Suhu

Abstract: The air management system is designed to regulate indoor temperature and humidity, thereby achieving thermal comfort according to the occupants' needs. This comfort is strived to be in accordance with existing standards so that facility users can feel comfortable. In this paper, the heating load calculation is adjusted to field conditions and consists of two main parameters: internal and external heating load. In addition, the analysis also considers control variables that influence the cooling load, with the values of these variables determined based on building specifications and referring to ASHRAE standards. Internal lighting loads include contributions from users, equipment, and indoor lighting, while external heat gain comes from external heat sources. The total combustion load is the sum of internal and external loads. Based on the Cooling Load Temperature Difference (CLTD) method, the total cooling load of the Indramayu State Polytechnic library space reaches 37,137.15 Watts, plus a safety factor of 5%, bringing the total to 38,994 Watts.

Keywords: CLTD, Cooling. Load, Temperature.

Article History:

Received	Revised	Published
17 November 2024	10 Januari 2025	15 Januari 2025

Pendahuluan

Perkembangan sektor pembangunan berkembang sangat pesat. Hal ini dikarenakan kebutuhan manusia yang terus mengalami peningkatan, baik untuk tempat tinggal, tempat umum, dan industri. Tetapi, peningkatan pembangunan tidak diimbangi dengan memperhatikan kenyamanan termal pada bangunan tersebut. kenyamanan termal suatu ruangan dapat mempengaruhi produktivitas seseorang yang berada dalam ruangan tersebut. Hasil penelitian

tentang lingkungan kerja menunjukkan bahwa di dalam ruang kerja berudara segar, karyawan dapat bekerja lebih baik dan jumlah kesalahan dapat dikurangi, sehingga efisiensi kerja dapat ditingkatkan (Agents).

Sistem pengatur udara adalah suatu mekanisme yang dirancang untuk mengatur suhu dan kelembaban pada ruangan agar dapat mencapai kondisi yang nyaman sesuai dengan kebutuhan penghuni. Di lain sisi keuntungan adanya sistem tata udara yaitu kapasitas pendinginan sesuai dengan beban pendingin sehingga dapat dilakukan penghematan energi. Beban pendingin terdiri atas ruang yang digunakan serta tambahan panas dari bahan atau produk yang berada pada ruangan tersebut (Septian, et al., 2023) (Sugini, 2014).

Obyek pengabdian masyarakat pada penulisan ini adalah ruang perpustakaan Politeknik Negeri Indramayu. Ruang perpustakaan berada pada lantai 2 Gedung Student Center dan beroperasi setiap hari Senin – Jumat mulai pukul 08.00 WIB sampai 16.00 WIB. Jumlah asumsi penghuni berdasarkan jumlah meja dan kursi yang tersedia. Pada ruangan ini menyediakan layanan sirkulasi, layanan referensi, layanan multimedia, layanan audiovisual, dan layanan administrasi. Kenyamanan termal pada ruangan ini diusahakan sesuai standard agar pengguna fasilitas dapat merasa nyaman (Agents).

Oleh karena itu, dilakukan evaluasi beban pendinginan pada ruangan perpustakaan Politeknik Negeri Indramayu, setelah dilakukan evaluasi beban pendinginan kemudian mendesain kapasitas sistem pengkondisian udara yang memiliki nilai efisiensi lebih tinggi dibandingkan efisiensi sistem pengkondisian udara yang telah ada. Dengan begitu akan didapatkan peluang-peluang penghematan energi yang dapat dilakukan pada objek pengukuran.

Metode

A. Metode Cooling Load Temperatur Difference (CLTD)

Metode Cooling Load Temperature Difference (CLTD) digunakan untuk menghitung beban pendinginan pada suatu bangunan. Beban pendinginan dipengaruhi oleh berbagai faktor eksternal dan faktor internal. Ada beberapa metode yang digunakan untuk menghitung beban pendinginan, di antaranya adalah Transsfer Function Method (TFM), Total Equivalent Temperature Differential (TETD), Heat Balance (HB), Radiant Time Series (RTS), serta metode CLTD, Solar Cooling Load (SCL), dan Cooling Load Factor (CLF) (Pradana & Khaerudini, 2021; Wessel).

Perhitungan beban pendinginan menggunakan metode CLTD / SCL / CLF serupa dengan prosedur Transfer Function Method (TFM), dimana data dihimpun untuk memperkirakan heat gain dari beberapa sumber seperti konduksi melalui dinding, atap, dan jendela, radiasi matahari serta panas dari peralatan, lampu, penghuni, dan ventilasi. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan ini mencakup perhitungan konduksi panas melalui permukaan bangunan dan perolehan panas radiasi matahari melalui kaca (Primastri, Kurniawati, & Wibowo, 2020).

Secara keseluruhan, metode CLTD / SCL / CLF adalah prosedur perhitungan manual yang dirancang untuk memperkirakan beban pendinginan berdasarkan prinsip TFM. Beberapa

persamaan digunakan untuk menghitung beban pendinginan dari berbagai elemen bangunan seperti, atap, dinding, pintu, dan kaca (Sandi, Wijaksana, & Suarnadwipa, 2024).

B. Spesifikasi Bangunan dan Penggunaan

Ruang perpustakaan Politeknik Negeri Indramayu memiliki spesifikasi bangunan yang dirancang untuk mendukung aktivitas pembelajaran dan penelitian. Bangunan ini memiliki luas sekitar 175 m^2 dengan ketinggian ruangan rata-rata 3 meter. Struktur dindingnya terbuat dari material bata ringan dengan plester semen, sedangkan atap menggunakan genteng keramik yang dilengkapi dengan insulasi termal untuk mengurangi perpindahan panas. Jendela menggunakan kaca bening atau tinted glass dengan ketebalan tertentu 3,2 mm, sementara ventilasi alami dan celah pada pintu/jendela memberikan kontribusi terhadap infiltrasi udara luar. Ruangan ini memanfaatkan pencahayaan alami melalui jendela, didukung oleh pencahayaan buatan seperti lampu LED untuk keperluan aktivitas sehari-hari.

Fungsi utama perpustakaan adalah sebagai tempat belajar, penelitian, dan referensi bagi mahasiswa, dosen, dan staf, dengan rata-rata 20-50 pengguna setiap harinya tergantung aktivitas. Perpustakaan beroperasi mulai pukul 08.00 hingga 16.00 WIB, dilengkapi dengan perangkat elektronik seperti komputer, mesin pendingin udara (AC), dan alat bantu lainnya yang aktif selama jam operasional. Sistem pendinginan ruangan dirancang untuk mempertahankan suhu nyaman antara $22\text{--}25^\circ\text{C}$ sesuai standar kenyamanan termal untuk aktivitas ringan hingga sedang. Informasi spesifikasi bangunan dan penggunaan ini menjadi dasar dalam analisis beban pendinginan menggunakan metode CLTD, termasuk mempertimbangkan material bangunan, sumber panas internal, dan pengaruh kondisi lingkungan sekitar.

Ruang Perpustakaan Politeknik Negeri Indramayu beralamat di Jl. Lohbener Lama No.08, Lohbener, Legok, Indramayu, Kabupaten Indramayu, Jawa Barat. Dalam koordinat geografis Gedung Perpustakaan terletak pada -6.40 Lintang Selatan, 108 Bujur Timur. Pada ruangan perpustakaan terdiri dari beberapa ruang yaitu ruang staf, ruang referensi, ruang sirkulasi, ruang audio visual, dan loker. Fokus pengambilan data pada pengabdian Masyarakat kali ini hanya pada ruang sirkulasi.



Gambar 1. Ruang Sirkulasi pada Perpustakaan

Pengambilan data luas komponen ruangan didapatkan penulis dari pengukuran langsung. Berikut luas permukaan ruangan dan orientasi masing – masing komponen ruangan.

Tabel 1. Material dan Spesifikasi Bangunan

Komponen	Material	Luas (m ²)
Atap	Zincalume, Reflective Alumunium	175
Dinding	Common Brick, Cement Plaster	Barat : 56 Timur :75 Utara : 15 Selatan : 21
Kaca	Single Glazing 3.2 mm, fixed and vertical insulation, window frame alumunium without thermal break.	200 (Barat)
Pintu	Wood door in wood frame, no glazing	
Ceiling	Plywood 3.2 mm	52.5

Jadwal pemakaian ruangan dan daftar peralatan elektronik yang dipakai selama kegiatan didapatkan dari pengamatan dan informasi. Ruang perpustakaan di Polteknik Negeri Indramayu beroperasi dari hari Senin – Jumat dari pukul 08.00 WIB sampai pukul 16.00 WIB. Tabel 2 menunjukkan total internal heat gain ruangan saat terpakai. Pada tabel tersebut, selain jumlah peralatan terdapat juga jumlah pengguna yang merupakan salah satu variabel dalam penelitian.

Tabel 2. Beban Pendinginan Penghuni dan Lampu

Kategori	Jumlah	Total Heat Gain (W)
Pengguna	50	3815
Lampu Fluorescent	51	1634.04

Pengukuran dalam ruangan diambil ketika ruangan pada keadaan kosong memiliki suhu sebesar 25.6°C dan relative humidity (RH) sebesar 45%. Standar kenyamanan termal diatur pada SNI 03-6572-2001. Dalam pengabdian ini penulis menghitung beban pendinginan yang diperlukan sehingga dapat dibandingkan dengan standard SNI (Zuraihan, Munandar, & Muliani, 2023).

C. Variabel Beban Pendinginan

Persamaan yang digunakan dalam kegiatan pengabdian ini disesuaikan dengan kondisi lapangan untuk memastikan relevansi hasil analisis. Perhitungan beban pendinginan mencakup dua parameter utama, yaitu beban pendinginan internal dan beban pendinginan eksternal.

Variabel dependen dalam pengabdian ini adalah beban pendinginan, sementara variabel independennya meliputi suhu luar ruangan, suhu yang diinginkan dalam ruangan, dan jumlah pengguna. Suhu luar ruangan (suhu atmosfer) bersifat dinamis dan berubah-ubah sepanjang tahun (Sugini, 2014) Selain itu, pengabdian ini juga mempertimbangkan variabel kontrol yang memengaruhi beban pendinginan. Nilai variabel kontrol ditentukan berdasarkan spesifikasi bangunan yang bersifat tetap dan diperoleh dengan mengacu pada standar referensi seperti ASHRAE. Variabel kontrol ini mencakup faktor-faktor penting yang memengaruhi efisiensi sistem pendinginan, sehingga hasil perhitungan dapat memberikan rekomendasi praktis untuk peningkatan kenyamanan termal di ruang perpustakaan. Nilai variable control didapatkan berdasarkan penggunaannya berdasarkan referensi pada ASHRAE, seperti berikut (Wessel)

Tabel 3. Nilai Indikator pada ASHRAE 1997 (2020 ASHRAE HANDBOOK Heating, Ventilating, and Air - Conditioning Systems and Equipment, 2020)

Variabel	Referensi
Sensible / Latent Heat Gai Pengguna	ASHRAE 1997 Chapter 28 Table 3
Cooling Load Factor pengguna dan peralatan	ASHRAE 1997 Chapter 28 Table 37
Daya peralatan	Pengukuran
Cooling Load Lampu	ASHRAE 1997 Chapter 28 Table 38
Daya Lampu	Spesifikasi merk
Luas Permukaan (Atap, Dinding, Pintu, Jendela, Lantai)	Pengukuran
Suhu luar ruangan	Pengukuran
U Value Kaca untuk jendela	ASHRAE 1997 Chapter 29 Table 5
U Value Semen Plaster	ASHRAE 1997 Chapter 28 Table 11
U Value Pintu	ASHRAE 1997 Chapter 29 Table 7
U Value Dinding	ASHRAE 1997 Chapter 29 Table 11
U Value atap	ASHRAE 2017 Chapter 33 Table 3 & ASHRAE 1997 Chapter 24 Table 4
CLTD Jendela, pintu dinding	ASHRAE 1997 Chapter 28 Table 32
CLTD atap	ASHRAE 1997 Chapter 28 Table 30
Shading Coefficient	ASHRAE 1997 Chapter 29 Table 11
Solar Cooling Load	ASHRAE 1997 Chapter 28 Table 36

Berdasarkan referensi pada tabel 3 , dapat diketahui beberapa nilai variable yang diperlukan dalam perhitungan beban pendinginan menggunakan metode CLTD.

D. Perhitungan Cooling Load

Beban pendinginan merupakan jumlah total energi panas yang harus dihilangkan dalam satuan waktu dari ruangan yang diinginkan. Beban pendinginan dapat dibagi menjadi dua yaitu beban pendinginan eksternal serta beban pendinginan internal (Jaya, Harahap, & Andarini, 2020). Beban pendinginan eksternal untuk seluruh gedung akibat konduksi dan radiasi dapat dihitung dengan persamaan,

1. Konduksi melalui atap, dinding, dan kaca

$$Q = U.A.CLTD_{correction} \quad (1)$$

Dimana :

Q = beban pendinginan (watt).

U = koefisien perpindahan kalor rancangan untuk atap, dinding atau kaca (watt/m² .°C).

A = luas permukaan atap, dinding luar atau kaca luar, dihitung dari gambar bangunan (m²).

CLTD = perbedaan temperatur beban pendinginan atap, dinding atau kaca (°C).

2. Konduksi melalui partisi

$$Q = U.A.\Delta T \quad (2)$$

Dimana :

Q = beban pendinginan (watt).

U = koefisien perpindahan kalor rancangan untuk atap, dinding atau kaca (watt/m² .°C).

A = luas permukaan atap, dinding luar atau kaca luar, dihitung dari gambar bangunan (m²).

ΔT = perbedaan temperatur dengan objek yang berpartisi (°C).

3. Radiasi melalui kaca

$$Q = A.SC.SCL \quad (3)$$

Dimana :

A = luas permukaan kaca luar (m²).

SCL = Solar Cooling Load (watt/m²).

SC = Shading Coefficient

4. Ventilasi

$$Q_s = 1,10.n.CFM.\Delta T \quad (4)$$

$$Q_L = 4840.n.CFM .\Delta W \quad (5)$$

Dimana :

n = jumlah orang

CFM = kebutuhan sirkulasi udara segar untuk tiap orang per jam.

ΔT = perbedaan temperatur outdoor–indoor (°C).

ΔW = perbedaan rasio kelembaban outdoor-indoor (%).

5. Penghuni

$$Q_s = n.SHG.CLF \quad (6)$$

$$Q_L = n.LHG \quad (7)$$

Dimana :

n = jumlah orang

SHG = beban pendingin orang sensibel (watt).

LHG = beban pendingin orang latent (watt)

CLF = Cooling Load factor, untuk orang.

6. Pencahayaan

$$Q = n.watts.3,41.F_s.CLF \quad (8)$$

Dimana :

n = jumlah lampu yang terpasang.

Watts = daya lampu yang digunakan (watt)

F_s = ballast factor = 1

CLF = Cooling Load factor, untuk lampu.

7. Peralatan

$$Q_L = n.CLF \quad (9)$$

Dimana :

n = jumlah peralatan yang digunakan

CLF = Cooling Load factor, untuk peralatan.

Hasil dan Pembahasan

A. Perhitungan Beban Pendinginan Berbasis Metode CLTD

Analisis beban pendingin ruangan terdiri dari dua yaitu beban pendinginan internal dan beban pendinginan eksternal. Beban pendinginan internal terdiri dari pengguna, peralatan yang berada pada ruangan, dan lampu. Dalam proses pengerjaan, pengguna diasumsikan duduk selama berada dalam ruangan sehingga nilai heat gain masing – masing pengguna yaitu 70 W (sensible) dan 35 W (latent). Sedangkan, jenis lampu yang digunakan dalam ruangan adalah Flourscent dan LED yang berjumlah 51 buah dengan daya 3W. kemudian terdapat proyektor pada ruangan yang memiliki nilai heat 177W. Berdasarkan nilai – nilai tersebut, nilai total internal heat gain ditunjukkan pada tabel 3.

External heat gain adalah panas yang dihasilkan dari luar ruangan. Eksternal heat gain pada pengabdian ini meliputi lantai, dinding, pintu, dan atap. Nilai U-Value, CLTD, SCL, dan SC pada setiap komponen ruangan dapat dilihat pada tabel.

Tabel 4. Komponen nilai U Value

Komponen	U-Value	CLTD				SCL	SC
		U	S	T	B		
Atap	9.65						
Dinding	2.85				17		

Pintu	2.61						
Kaca	5.55					0.755	39

Beban pendinginan total adalah jumlah beban pendinginan eksternal dan internal. Dalam analisa ini penulis menggunakan beban pendinginan pada pukul 11.00 WIB. Beban pendinginan total dapat dihitung sebagai berikut,

Tabel 5. Beban Pendinginan Total

Beban pendinginan	Nilai (Watt)
Dinding	2005,70
Kaca	5889
Atap	2770,50
Ventilasi	154,70 (sensible) 1784,45 (latent)
Orang	10125 (sensible) 14950 (latent)
Alat	281,3
Lampu	2295
Beban Pendinginan Total	37137,15

Nilai yang direkomendasikan pada safety factor sebesar 0 – 5 %. Safety factor dalam sebuah perencanaan alat pengkondisian udara harus dimasukkan untuk mengurangi perubahan alat pengkondisian udara dimasa mendatang (Wessel). Pada perancangan diambil safety factor yang paling besar sebesar 5% dari beban pendinginan total. Sehingga, nilai pendinginan total sebesar

$$Q_{total} = (5\% \times 37.137,15 W) + 37.137,15 W = 38.994 W \quad (10)$$

$$Q_{total} = 38.994 Watt = 7.2 PK \quad (11)$$

Dari hasil analisis dengan metode Cooling Load Temperature Difference yang telah dilakukan dapat diketahui total beban pendinginan untuk ruang perpustakaan Politeknik Negeri Indramayu sebesar 38.994 Watt. Rekomendasi perhitungan ini dapat digunakan untuk menentukan kapasitas sistem pendinginan yang ideal, sekaligus memastikan efisiensi dan kenyamanan termal di ruang perpustakaan.

Berdasarkan hasil analisis beban pendinginan untuk ruang perpustakaan Politeknik Negeri Indramayu, total beban pendinginan yang diperlukan, termasuk faktor keamanan 5%, adalah sebesar 38.994 Watt atau sekitar 39 kW. Kapasitas sistem pendinginan ini perlu dikonversi ke satuan BTU/h, yang merupakan standar kapasitas AC, dengan hasil sebesar 133,068 BTU/h. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, sistem pendinginan yang ideal dapat

menggunakan beberapa konfigurasi, seperti 3 unit AC dengan kapasitas masing-masing 45,000 BTU/h atau kombinasi lain, misalnya 2 unit AC berkapasitas 60,000 BTU/h dan 1 unit berkapasitas 15,000 BTU/h. Pemilihan kapasitas ini perlu disesuaikan dengan distribusi beban dalam ruangan untuk memastikan kenyamanan termal yang merata. Selain itu, direkomendasikan untuk menggunakan AC berteknologi inverter guna meningkatkan efisiensi energi serta mengurangi konsumsi daya secara keseluruhan. Dengan pengaturan yang tepat, kebutuhan pendinginan ruang perpustakaan dapat terpenuhi secara optimal dan hemat energi.

B. Rekomendasi

Berdasarkan hasil analisis beban pendinginan menggunakan metode Cooling Load Temperature Difference (CLTD), beberapa rekomendasi dapat diusulkan untuk meningkatkan efisiensi sistem pendinginan dan kenyamanan termal di ruang perpustakaan Politeknik Negeri Indramayu. Pertama, sistem pendinginan perlu dioptimalkan dengan menggunakan mesin pendingin udara (AC) yang memiliki kapasitas sesuai hasil analisis serta dilengkapi teknologi hemat energi seperti inverter. Kedua, peningkatan isolasi termal pada atap dan dinding sangat disarankan untuk mengurangi perpindahan panas, termasuk penggunaan kaca low-e atau pemasangan tirai pelindung matahari guna mengurangi perolehan panas dari radiasi.

Selain itu, manajemen ventilasi dan infiltrasi udara juga penting untuk diperhatikan, seperti memastikan celah pada pintu dan jendela tertutup rapat serta memanfaatkan ventilasi alami hanya pada kondisi suhu luar yang mendukung. Efisiensi pada sistem pencahayaan dan peralatan elektronik juga dapat ditingkatkan dengan mengganti lampu konvensional menjadi LED dan mematikan peralatan yang tidak digunakan untuk mengurangi sumber panas internal. Dari sisi pengelolaan pengguna, mengatur jadwal kunjungan ke perpustakaan untuk menghindari penumpukan yang berlebihan juga dapat membantu mengontrol beban pendinginan.

Terakhir, pemeliharaan berkala pada sistem pendinginan, seperti pembersihan filter dan pemeriksaan rutin, harus dilakukan untuk menjaga kinerja optimal. Dengan menerapkan rekomendasi ini, perpustakaan diharapkan dapat lebih efisien dalam penggunaan energi sekaligus menciptakan lingkungan yang nyaman bagi para pengguna.

Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan analisis yang dilakukan menggunakan metode Cooling Load Temperature Difference (CLTD), dapat disimpulkan bahwa beban pendinginan pada ruang perpustakaan Politeknik Negeri Indramayu terdiri dari dua komponen utama, yaitu beban pendinginan internal dan eksternal. Beban pendinginan internal berasal dari kalor yang dihasilkan oleh penghuni, pencahayaan, serta peralatan yang digunakan dalam ruangan, yang totalnya sebesar 27.651,3 Watt. Sementara itu, beban pendinginan eksternal diperoleh dari

sumber kalor yang masuk dari luar ruangan melalui selubung bangunan atau kerangka bangunan, dengan nilai sebesar 12.604,35 Watt. Dengan demikian, total beban pendinginan adalah hasil penjumlahan antara beban pendinginan internal dan eksternal, yaitu sebesar 37.137,15 Watt. Untuk mengantisipasi faktor keamanan, nilai total beban pendinginan tersebut ditambah dengan safety factor sebesar 5%, sehingga beban pendinginan total yang diperlukan adalah sebesar 38.994 Watt. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, sistem pendinginan yang ideal dapat menggunakan beberapa konfigurasi, seperti 3 unit AC dengan kapasitas masing-masing 45,000 BTU/h atau kombinasi lain, misalnya 2 unit AC berkapasitas 60,000 BTU/h dan 1 unit berkapasitas 15,000 BTU/h. Pemilihan kapasitas ini perlu disesuaikan dengan distribusi beban dalam ruangan untuk memastikan kenyamanan termal yang merata.

Referensi

- 2020 ASHRAE HANDBOOK Heating, Ventilating, and Air - Conditioning Systems and Equipment. (2020).
- Agents, P. (t.thn.). Thermal Comfort for Office Work. *Canadian Centre for Occupational Health and Safety*.
- Jaya, A. K., Harahap, C., & Andarini, R. (2020). Analisis Perhitungan Beban Pendinginan Ruang Dhammasala Vihara Padumuttara Menggunakan Metode CLTD.
- Pradana, S. H., & Khaerudini, D. (2021). Studi perhitungan sistem pengkondisian udara dari desain kantor pabrik kelapa sawit berbasis cooling load temperature difference. *Jurnal Polimesin*.
- Primastri, L., Kurniawati, Z., & Wibowo, I. H. (2020). ANALISIS COOLING LOAD RUANG MAKAN TARUNA ASRAMA CURUG I SEKOLAH TINGGI PENERBANGAN INDONESIA. *Jurnal Ilmiah Aviasi Langit Biru*, 160.
- Sandi, A. K., Wijaksana, H., & Suarnadwipa, I. (2024). Analisis Perhitungan Beban Pendinginan pada Gedung Advanced Research Laboratory Fakultas Teknik Universitas Udayana dengan Metode Cooling Load Temperature Difference. *Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika*, 13, 19-23.
- Septian, A. R., Harahap, M., Affandi, M., Suryanto, E., Solihin, M., Lubis, A., & Saragih, J. (2023). PERHITUNGAN COOLING LOAD TEMPERATURE DIFFERENCE (CLTD) SECARA MANUAL DAN MENGGUNAKAN APLIKASI DAIKIN PADA GEDUNG MULTIMEDIA POLITEKNIK TANJUNG BALAI. *Jurnal Teknologi dan Informasi*.
- Sugini, D. (2014). *Kenyamanan Termal Ruang*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Wessel, D. J. (t.thn.). 1997. W. Stephen Comstock.

Zurairhan, Munandar, A., & Muliani, F. (2023). ANALISIS INDEKS KENYAMANAN RUANG DENGAN PENDEKATAN IKLIM DAN MATERIAL. *Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah Arsitektur*, 135 - 149.